

Corrigé type du contrôle en Communications Analogiques

- *Date* : 30.01.2022
 - *Durée* : 1h 30 m
 - *Examineur* : KENANE EL-Hadi
- Nom* :.....
Prénom :.....
Groupe:.....

Partie cours : (08pts)

1. Définir les mots suivants :

L'intermodulation : Pendant le mélange entre les deux signaux (la porteuse générée par oscillateur local et celle reçue de l'antenne), on obtient au niveau de sortie un certain nombre de produits d'intermodulation dont les fréquences sont de l'ordre de $nf_c \pm mf_{OL}$. Ces produits sont liés par les harmoniques de chaque signal avant de faire le mélange entre eux.

Le comparateur de phase : Le CDP ou détecteur de phase (phase detector) est un circuit (dispositif) non linéaire avec deux entrées et une seule sortie (tension DC). Ce dispositif fait la comparaison entre la phase d'un signal de référence $\mathcal{U}_1(t)$ et celle d'un signal de sortie $\mathcal{U}_2(t)$. C-à-d., $\theta_e = \theta_1 - \theta_2$. Proportionnellement au déphasage θ_e , un signal de sortie $\mathcal{U}_d(t)$ sera délivré.

Le VCO : est un oscillateur qui oscille avec une fréquence f_2 déterminée par une tension de commande continue (\mathcal{U}_f : sortie du filtre LPF). Le VCO est caractérisé par la dualité (\mathcal{U}_f, f_{VCO}), c-à-d., $f_2 = f_{VCO} = f(\mathcal{U}_f)$. La fonction de transfert du VCO peut prendre l'expression suivante : $f_2 = f_{VCO} = f_0 + K_O \cdot \mathcal{U}_f(t)$, avec f_0 est la fréquence libre du VCO.

La plage de verrouillage : La plage de verrouillage ou de poursuite (Lock Range) est la gamme de fréquences sur laquelle une PLL peut suivre un signal d'entrée et rester verrouillée. Elle est dépendue de la caractéristique du VCO (la linéarité d'un VCO dans une gamme de fréquence $[F_{min}, F_{max}]$).

2. Les critères importants pour choisir un VCO

Il y a plusieurs critères importants pour choisir un VCO tels que

- La stabilité de la phase
- La gamme d'excursion en fréquence
- La stabilité en température
- Le cout de fabrication

3. Dans un récepteur superhétérodyne, Montrer que pour une fréquence intermédiaire (455 KHz :AM et 10,7 MHz :FM), le sifflement et le problème de la fréquence image sont réglés. Pour éviter le problème de sifflement (fréquence audible), on doit utiliser un oscillateur local qui oscille avec une fréquence décalée par une fréquence intermédiaire F_{IF} ($F_{LO} = f_c + F_{IF}$) avec le signal d'entrée ce qui permet d'avoir une différence de F_{IF} qui ne tombe pas dans la gamme audible. Les deux $F_{IF} \notin [0, 20 \text{ KHz}]$

Pour éviter la fréquence image, on doit choisir une fréquence intermédiaire F_{IF} d'une manière où la fréquence image F_{img} va tomber hors de la gamme radio ($F_{img} = f_c + 2F_{IF}$)

$$\forall f_c, \text{ Pour une } F_{IF} = 10.7 \text{ MHz}, F_{img} \notin [88, 108 \text{ MHz}]$$

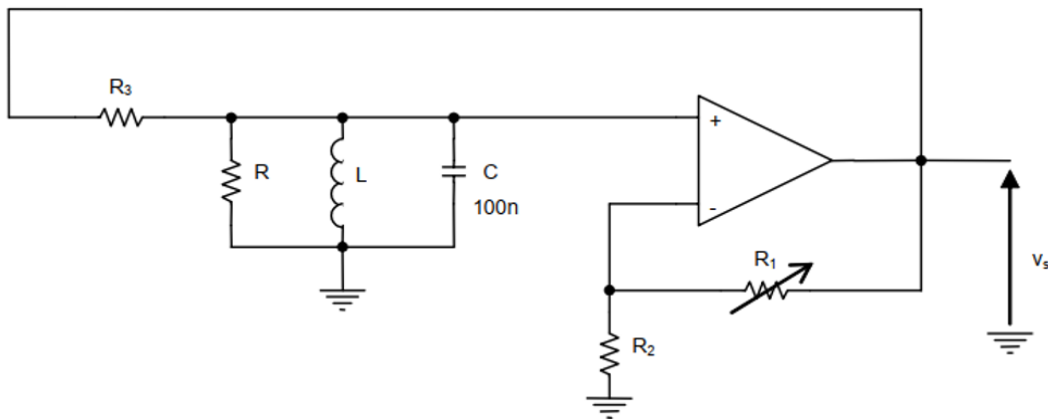
$$\forall f_c, \text{ Pour une } F_{IF} = 455 \text{ KHZ}, F_{img} \notin [540, 1600 \text{ KHZ}]$$

Partie TD (12pts)

Exercice (01):

(06pts)

On réalise l'oscillateur suivant (voir le schéma). On suppose que le fonctionnement de l'amplificateur opérationnel idéal est linéaire.



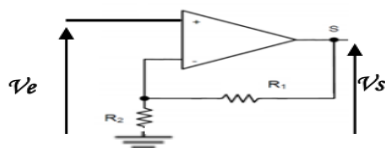
1. Donner le type de cet oscillateur
2. Déterminer les deux gains d'amplification $A(p)$ et cela du réseau passif $B(p)$
3. Dédire la fonction de transfert $T(p) = A(p).B(p)$ puis déterminer l'expression de la fréquence d'oscillation, ainsi que la condition sur les résistances
4. On suppose que la résistance $R \gg R_3$, donner le comportement du bloc d'amplification A.
5. Calculer la valeur de L pour avoir une oscillation de 16 KHz à la sortie de cet oscillateur.

R1. Le type de cet oscillateur est un oscillateur à pont RLC

R2. Détermination des deux gains $A(p)$ et $B(p)$

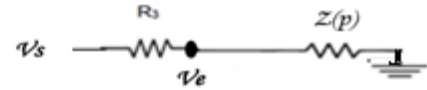
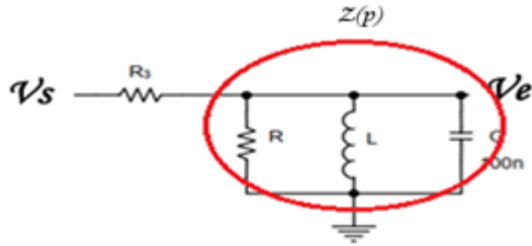
Le gain d'amplification $A(p)$: L'amplificateur de tension est idéal

En utilisant le diviseur de tension : $V_e = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$



$$A(p) = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

Le gain du réseau passif $B(p)$: De même, on utilise le diviseur de tension



On trouve
$$B(p) = \frac{v_e}{v_s} = \frac{Z(p)}{R_3 + Z(p)}$$

Avec

$$Z(p) = R // \frac{1}{CP} // LP = \frac{LP}{LCP^2 + \frac{L}{R}P + 1}$$

Alors,

$$B(p) = \frac{Z(p)}{R_3 + Z(p)} = \frac{\frac{L}{R_3}P}{LCP^2 + L\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_3}\right)P + 1}$$

R3. La condition d'oscillation $T(p) = A(p) \cdot B(p) = 1$

$$T(p) = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \frac{\frac{L}{R_3}P}{LCP^2 + L\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_3}\right)P + 1} = 1$$

Ce qui implique que la partie imaginaire de T est nulle et la partie réelle est égale à 1.

$$\text{Im}[T(p)] = 0 \quad \text{et} \quad \text{Re}[T(p)] = 1$$

$$\text{Im}[T(p)] = 1 + LCP^2 = 0$$

$$W_{osc} = 1/\sqrt{LC}$$

et

$$1 + \frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{R_3}{R}$$

R4. Le comportement du bloc d'amplification A pour une résistance $R \gg R_3$

$$A(p) = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{R_3}{R} \cong 1$$

L 'amplificateur A se comporte comme un suiveur de tension ($R_2 \gg R_1$)

R5. Calcul de la valeur de L pour avoir une oscillation de 16 KHz à la sortie de cet oscillateur

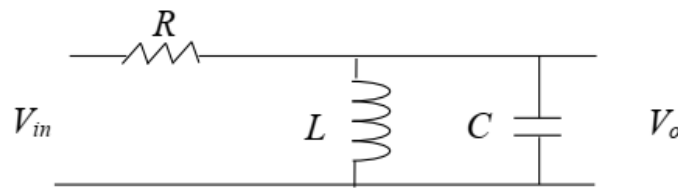
$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 C f_{osc}^2} \cong 0.99 \text{mH}$$

Exercice (02):

(06pts)

On suppose qu'un récepteur superhétérodyne FM a un circuit d'accord RLC comme nous le montrons dans la figure suivante



avec $L=0.125 \mu\text{H}$ et C présente une capacité variable pour faire le réglage.

1. Trouver l'intervalle de variation de cette capacité C et les limites dans la valeur de la résistance R .

La fréquence d'oscillation du circuit RLC est

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Alors

$$C = \frac{1}{4\pi^2 L f_c^2}$$

Pour un récepteur radio FM, la fréquence f_c allant de 88 MHz jusqu'au 108 MHz

$$C_{\min} = \frac{1}{4\pi^2 L f_{c\max}^2}$$

AN: $L=0.125\mu\text{H}$, $f_{c\max}=108 \text{ MHz} \Rightarrow C_{\min}=17.37 \text{ pF}$

$$C_{\max} = \frac{1}{4\pi^2 L f_{c\min}^2}$$

AN: $L=0.125\mu\text{H}$, $f_{c\min}=88 \text{ MHz} \Rightarrow C_{\max}=26.16 \text{ pF}$

Les limites dans la valeur de la résistance R

Le facteur de qualité de ce circuit d'accord est

$$Q = R \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{f_c}{B_{RF}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC} \cdot B_{RF}} \Rightarrow R = \frac{1}{2\pi B_{RF} C}$$

Pour $B_{RF} > B_T$ ($B_T=200 \text{ KHz}$)

$$R < \frac{1}{2\pi \cdot B_T \cdot C_{\min}}$$

AN:

$$R < \frac{1}{2\pi \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 17.3 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow R < 46 \text{ K}\Omega$$

